PROCESSOS EROSIVOS NA CIDADE DE MANAUS NO DISTRITO INDUSTRIAL II: CAUSAS E CONSEQÜÊNCIAS DOS IMPACTOS SÓCIO-AMBIENTAIS

Marlenilton Marques da SILVA[1]

INTRODUÇÃO

Dos vários conceitos de Voçoroca existentes o que mais se encaixa nos padrões Amazônicos, devido à grandiosidade e a dificuldade de adaptá-las a conceitos amplamente conhecidos, é o definido por Vieira (1998) para Manaus, como sendo uma incisão erosiva que apresenta queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais, fundo plano e com dimensões superiores a 1,5 m de profundidade, largura e comprimento a 3 m. Outra característica apontada por Vieira (2002) diz respeito a forma da calha por onde escoa a água no interior da voçoroca, a qual deve apresentar forma em U.

Existem várias técnicas de monitoramento para voçorocas, dentre elas destacamos a técnica denominada monitoramento por poligonais planiméticas. As técnicas de monitoramento para voçoroca visam indicar qual é a direção/sentido e velocidade que a mesma esta evoluindo. Desta forma, pode-se estimar tamanho da área ocupada e volume de material perdido, ou seja, taxas globais de perdas de solo.

Através das medidas de comprimento, largura e profundidade pode-se calcular volume (m^3). Por meio do comprimento e largura pode-se calcular área (m^2). A partir disso cria-se representações do avanço/direção e área ocupada das voçorocas monitoradas.

Vale destacar que a área escolhida para aplicação da técnica de monitoramento foi a porção que compreende Distrito Industrial II devido a ocorrência de processos erosivos intensos, representados a partir de feições erosivas do tipo voçoroca.

EROSÃO DOS SOLOS

Segundo Guerra (1998), erosão significa destruição das saliências ou reentrâncias do relevo, tendendo a um nivelamento ou coumatagem, no caso de litorais, enseadas, baías e depressões.

De acordo com Laporte (1997), erosão é a destruição das rochas pré-existentes que, através da força da água, do vento ou do gelo, transporta os sedimentos destas rochas depositando-os em um outro local.

TIPOS DE EROSÃO

Existem vários tipos de erosão causados por diversos fatores, dentre os quais, podemos destacar a erosão eólica, a fluvial, a marinha e a pluvial.

Erosão eólia ou eólica é provocada pela ação do vento, de suma importância em regiões desérticas, semi-áridas e litorâneas. Erosão fluvial é o trabalho contínuo das águas correntes na superfície do globo terrestre. É também chamada de erosão normal, pelos

[1] Aluno do Curso de Licenciatura Plena em Geografia da Universidade Federal do Amazonas.

geomorfólogos nas regiões temperadas e, por alguns autores, chamada de erosão linear (GUERRA, 1998).

Erosão marinha é o trabalho de destruição e construção feito pelas vagas forçadas ou destranslação, ao longo dos litorais. Erosão pluvial ou pluvierosão é o trabalho executado pela água das chuvas na superfície do relevo. A ação das chuvas se torna mais importante quanto maior for a quantidade de água caída no espaço em um mínimo de tempo (GUERRA, 1998). Vale destacar que este tipo erosão é predominante no país, responsável pela esculturação do relevo.

INÍCIO DO PROCESSO EROSIVO

O processo erosivo inicia-se com a chegada da água da chuva ao solo. Uma vez atingida a superfície do terreno esta pode sob condições favoráveis (solo poroso, seco, superfície com serrapilheira, etc) infiltrar e percolar até o nível freático, preenchendo desde as camadas inferiores até as camadas próximas a superfície. Quando atinge a capacidade máxima de absorção do solo (saturado) a água não infiltrada pode se acumular na superfície e originar o escoamento superficial (difuso ou concentrado) (COELHO NETTO, 1994).

A água que chega ao solo, provoca o primeiro impacto na superfície do terreno por meio da água direta das gotas de chuvas, erosão por salpicamento (*splash erosion*) ou indiretamente, após ser interceptada pela cobertura vegetal e cair na forma de *gotejamento* (COELHO NETTO, 1994).

Segundo Guerra (1998), existe outra variável importante no processo de infiltração, a umidade antecedente do solo, pois quando a chuva começa e já existe uma certa umidade antecedente, a tendência é de que o solo seja saturado mais rapidamente, dando origem a formação de poças (*ponds*) e ao escoamento superficial. A formação de poças na superfície do terreno constitui fase posterior ao processo de infiltração. Pois o solo saturado, não absorvendo mais água, e devido às irregularidades do terreno, pode propiciar a formação de pequenas poças que quando transbordadas podem formar escoamento superficial.

Outros fatores que devem ser levados em consideração quando se estuda a formação de poças são a porosidade e a densidade aparente do topo do solo. Quanto mais densa e menos porosa a superfície, esta poderá absorver menos água, formando poças mais rapidamente, que vão alimentar o escoamento superficial (GUERRA, 1998). O escoamento superficial ocorre durante um evento chuvoso, quando a capacidade de armazenamento de água no solo é saturada ou sob chuva mais intensa (*fluxo hortoniano*).

Segundo Morgan (1986) *apud* Guerra (1998), os estudos de transporte de partículas do solo em fluxos não canalizados e rasos, têm indicado que apenas uma parte dos sedimentos é transportada em suspensão, e que os mais grosseiros são transportados como carga de fundo (rolamento e saltação). A quantidade de perda do solo, resultante do escoamento superficial, vai depender da velocidade e turbulência do fluxo.

A água da chuva em contato com o solo segue inúmeros caminhos: primeiro pode causar a erosão por splash (por salpicamento), depois se infiltra no solo, fazendo com que o teor de umidade no solo aumente, saturando o mesmo, armazenando-se nas irregularidades do terreno, formando poças e provocando o escoamento superficial que posteriormente, terá a função de provocar processos erosivos de superfície.

FATORES CONTROLADORES DA EROSÃO NATURAL

A erosão natural ocorre devido à ação de chuva, gelo, vento e outros fatores naturais e representa o desgaste da superfície do terreno sob condições do meio ambiente natural, ou seja, mantêm uma relação com fatores físicos sem intervenção do homem ao contrário da

erosão acelerada, que além dos aspectos físicos, pode também receber influência antrópica (GUERRA, 1998).

EROSIVIDADE DA CHUVA

A erosividade da chuva "é a habilidade da chuva em causar erosão" (HUDSON, 1961 *apud* GUERRA, 1998). No entanto, o grau de erosividade depende de alguns parâmetros, como: total de chuva, o momento e a energia cinética das gotas de chuvas, a intensidade, assim como das características das gotas de chuva, que varia no tempo e no espaço (GUERRA, 1994).

A intensidade da chuva é o parâmetro usado em estudos que se relacionem com a energia cinética das gotas, e tem um papel importante nas taxas de infiltração. De acordo com Stocking (1977) *apud* Guerra (1994), com o umedecimento do solo, diminui rapidamente a infiltração. A intensidade da chuva, segundo Horton (1933) *apud* Guerra (1998), exerce uma grande influência no escoamento superficial, quando é excedida a capacidade de infiltração.

Hudson (1961) *apud* Guerra (1998), afirma que existe uma relação entre o momento e a erosão do solo, pelo fato de que a erosão é um processo que envolve o dispêndio de energia, e a fonte principal desta energia é a chuva. Muitos autores afirmam que a energia cinética prediz melhor a perda de solo, do que o momento (GUERRA, 1998).

A energia cinética da chuva está relacionada com sua intensidade, pois é a energia do número total de gotas de chuvas (GUERRA, 1998). O tamanho mediano das gotas de chuva, segundo Hudson (1963) *apud* Guerra (1998), aumenta com a elevação da intensidade da chuva. Em suma, sabe-se que é possível determinar uma relação entre a energia cinética e a intensidade da chuva.

Os parâmetros questionados têm sido utilizados com freqüência para a melhor descrição da perda de solo, porém, deve-se levar em consideração outras variáveis que afetam o processo erosivo, como veremos a seguir.

PROPRIEDADES DO SOLO – ERODIBILIDADE

Dentre as várias propriedades dos solos que influenciam nos processos erosivos, destacam-se a textura, densidade aparente, estabilidade dos agregados e teor de matéria orgânica. Entretanto, devemos levar em consideração o estado inicial dos solos, que pode variar ao longo do tempo, após um evento chuvoso ou ainda pelo uso dispensado a este, produzindo assim mudanças na erodibilidade Guerra (1994).

A textura influi na erosão, uma vez que certas frações granulométricas são removidas mais facilmente do que outras. Solos que apresentam enorme teor de silte e areia média são mais facilmente susceptíveis à erosão, ao contrário de solos com alto teor de argila, que se apresenta mais resistente à erosão Guerra (1994).

A densidade aparente dos solos é outro fator de grande importância nos estudos de processos erosivos, referindo-se à maior ou menor compactação dos solos. Solos bastante compactados impedem a infiltração e, posteriormente, possibilitam a formação de escoamento superficial.

As taxas de erodibilidade dependem ainda do teor de matéria orgânica e da estabilidade dos agregados que podem influenciar na formação de crostas (quando os agregados são quebrados pelas gotas de chuvas) dificultando assim a infiltração Guerra (1994).

COBERTURA VEGETAL

Em solos com bastante cobertura vegetal, o processo de infiltração ocorre de maneira mais intensa, evitando a formação de escoamento superficial, (COELHO NETTO, 1994). Apesar de ser considerada como um manto protetor do solo contra os efeitos nocivos das gotas de chuva, a cobertura vegetal pode ser, em alguns casos, um acelerador de processos erosivos, uma vez que alguns tipos de folhas permitem a formação de pingos grossos de água que, ao cair no solo, provocam uma desagregação ainda maior Guerra (1994).

Segundo Furnier (1975) *apud* Vieira (1998), um pingo de chuva atinge sua velocidade limite (velocidade crítica) ao percorrer mais de 20metros. Isso nos leva a refletir sobre a cobertura vegetal da Amazônia, onde uma grande quantidade das espécies nela existente possui altura superior a 20 metros. A água primeiramente amortecida nas copas cai na forma de gotejamento antes de chegar à superfície do terreno, podendo atingir a velocidade crítica.

Um outro ponto relacionado à cobertura vegetal é o fluxo de tronco (*stem flow*), podendo causar o descalçamento das raízes. Estes fluxos de tronco, causarão maiores impactos ao solo se o tronco não apresentar obstáculos à água (GUERRA, 1996).

A importância fundamental da cobertura vegetal está no fato de reter uma parte da água precipitada na copa do tronco, permitindo assim, a infiltração mais rápida (COELHO NETTO, 1994).

CARACTERÍSTICAS DA ENCOSTA

Inúmeros trabalhos têm sido apresentados no que diz respeito à encosta e sua influência nas taxas de erosão. Os fatores relativos às encostas podem afetar a erodibilidade dos solos em diferentes maneiras, dentre os fatores ligados à encosta e que podem propiciar a erodibilidade dos solos, destacam-se a declividade, o comprimento e a forma da encosta (GUERRA, 1998). Em encostas com acentuado grau de declividade, a água tem menos tempo de infiltrar, assim como os obstáculos e as resistências ao escoamento da água são menores, possibilitando a existência do escoamento superficial.

No que diz respeito ao comprimento, Guerra (1994) afirma que quanto maior o comprimento da encosta, maior será a perda do solo por unidade de superfície. Com relação a forma da encosta, Morgan (1986) *apud* Guerra (1994), destaca a importância das cristas longas. Com encostas curtas convexas que apresentam o topo plano, podem armazenar água, e esta quando liberada, pode formar ravinas e até mesmo voçorocas.

FEIÇÕES EROSIVAS

A erosão dos solos está relacionada a uma determinada superfície em que os processos erosivos estão ligados a fatores controladores (erosividade, erodibilidade, cobertura vegetal e características da encosta). Uma vez iniciada a erosão do solo, pode-se verificar na superfície do terreno feições erosivas como os filetes, sulcos, ravinas e voçorocas.

Filetes também podem ser identificados nas paredes das voçorocas, tanto verticais quanto subverticais (OLIVEIRA *et al., 1995).* Já os sulcos são incisões erosivas maiores que os filetes, e podem ser originados a partir da ampliação destes em superfície. As ravinas são o aprofundamento dos sulcos, são quase sempre iniciadas a uma distância crítica do topo da encosta, onde o escoamento superficial se torna canalizado. Elas podem ser formadas próximas à base das encostas, onde uma pequena incisão recua em direção ao topo da encosta.

As voçorocas são feições erosivas que ocorrem nas encostas, possuindo paredes íngremes e, em geral, fundo plano, ocorrendo fluxo de água em seu interior durante eventos chuvosos, forma uma calha em U (VIEIRA, 2002).

Algumas vezes, as voçorocas se aprofundam tanto, que chegam a atingir o lençol freático. Comparando com os canais fluviais, as voçorocas possuem, geralmente, maior profundidade e menor largura. Elas estão associadas com processos de erosão acelerada e, dessa forma, com a instabilidade da paisagem.

SITUAÇÃO GEOGRÁFICA

A cidade de Manaus limita-se da seguinte maneira: ao Norte, com o Município de Presidente Figueiredo; ao Sul limita-se com os Municípios de Iranduba e Carteiro; a Leste limita-se com os Municípios de Itacoatiara e Rio Preto da Eva e; a Oeste limita-se com o Município de Novo Airão. Suas coordenadas Geográficas são: Leste: 03º 01' 04" de LS e 59º 49' 27" de LW, Oeste: 03º 03' 08"de LS e 60º 06'49"de LW, Norte: 02º 58' 14" de LS e 60º 00' 55" de LW, Sul: 03º 09' 32" LS e 59º 58' 55"LW (VIEIRA, 1998).

GEOMORFOLOGIA

O Município de Manaus está sobre um sistema de colinas tabuliformes que, pertence a uma vasta seção de tabuleiro de sedimentos terciários situados na confluência do Rio Negro com o Rio Solimões (AGUIAR, 1995). Apresenta um conjunto de falésias fluviais de variadas alturas (entre 20 e 50 metros) com "reverso suave ou plano para o interior e com uma ruptura de declive brusca e direta em relação a uma estreita faixa de praias arenosas de estiagem do Rio Negro" (AGUIAR, 1995).

GEOLOGIA

Segundo Aguiar (1995), Manaus situa-se na confluência do Rio Negro com o Rio Solimões. A mesma está inserida no Planalto Dissecado Rio Trombetas – Rio Negro, cujo relevo apresenta altitude inferior a 150 metros, e que se desenvolve sobre a formação geológica Alter do Chão (VIEIRA,1998).

As feições estruturais de Manaus são claramente neotectônicas, evidenciadas tanto a nível regional por intermédio dos alinhamentos de drenagens e dos padrões morfológicos da Planície Amazônica, como também, em escala de afloramentos, onde estas feições são novamente comprovadas (SILVA, et al, 1994 *apud* AGUIAR, 1995).

SOLO

Segundo Aguiar (1995), pode-se afirmar que os solos de Manaus pertencem ao grupo de "solos com horizonte B Latossólico", "profundos e muito profundos, fortemente drenados, bastante porosos com pequena relação estrutural (baixo acréssimo de argila nos horizontes superficiais) e transição gradual e difusa, evidenciada pela pouca diferenciação entre os horizontes" (SOUZA, 1991 *apud* Aguiar, 1995, p. 23). Aparece também em Manaus o solo do tipo Espodossolo, com menos ocorrência do que o Latossolo Amarelo. Esta última classe divide-se em dois tipos, os latossolo amarelo e o latossolo vermelho-amarelo.

A área de Manaus apresenta como principal classe o "latossolo amarelo" que, segundo Souza (1991 *apud* Aguiar, 1995), por suas características físicas, apresentam condições favoráveis para a agricultura. Entretanto, por sua qualidades químicas (reduzida reserva de nutrientes minerais, elevado teor de alumínio trocável) torna-se impossível a prática agrícola pelos altos custos de corretivos necessários. A origem geológica desses solos está ligada a sedimentos areno-argilosos do Quaternário-Terciário.

Segundo Vieira (1998), a origem dos latossolos na região de Manaus está relacionada a duas correntes de idéias: a primeira, proposta por Sombroek (1966 *apud* Leal, 1996), diz que estes solos são de origem alóctone, representada por sedimentos lacustres de idade pliocênica a pleistocênica, tendo como fonte a Região dos Andes, depositados em uma fase de pós-laterização.

A outra corrente sugere uma origem autóctone para os solos sobre perfis lateríticos da Amazônia, como Chauvel (et al. 1983, *apud* Leal, 1996) e Lucas (1989 *apud* Leal,1996), que consideram que este tipo de solo é resultante da formação dos perfis lateríticos a partir dos sedimentos areno-argilosos da Formação Alter do Chão (VIEIRA, 1998).

CLIMA

Segundo a classificação de Köppen, a área de estudo apresenta o tipo climático Amw, caracterizado por apresentar uma estação seca de curta duração, com temperatura média em torno de 28º e, por quase todo ano, chuvas abundantes proporcionando a formação de uma vegetação muito bonita(NIMER, 1989 *apud* VIEIRA, 1998).

De acordo com Aguiar (1995), observando a localização da cidade de Manaus, praticamente no centro da Amazônia, é possível realizar-se uma avaliação do seu clima, assim como dos outros elementos do quadro geológico. A cidade é, de fato, a síntese dos parâmetros médios de toda região. Entre os extremos climáticos, a faixa onde se situa, representa desses os seus valores médios, como a temperatura, a umidade e a precipitação.

Outros elementos do clima (pressão atmosférica, ventos, insolação, nebulosidade, etc.), estão incluídos nesta regra: pressão atmosférica sempre acima de 1.000mb; os ventos predominantemente do quadrante Este; índices elevados de insolação; a nebulosidade é determinada mais pela umidade presente no sistema e pela evaporação do ambiente.

Em trabalho realizado no ano de 1990 por Heyer (1997), constatou-se que a temperatura média das máximas fica em torno de 31,5º C e a média das mínimas com 23ºC. A umidade relativa apresenta média de 83%, sendo que no período em que geralmente chove mais (janeiro a maio) fica em torno de 87% e nos meses da estiagem (junho a setembro) com 76%.

VEGETAÇÃO

As condições climáticas são em grande parte responsáveis pelo desenvolvimento de uma vegetação bastante dependente de altas temperaturas e precipitações abundantes ao longo de todo o ano. Assim, como na maior parte da Amazônia, a vegetação predominante em Manaus recebe diversas denominações, como: Floresta Densa Tropical Úmida; Floresta Equatorial; Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Tropical Latifoliada (SIOLI, 1991 *apud* VIEIRA, 1998).

De acordo com Kühmann (1997) a “Floresta Latifoliada Perene”, divide-se em quatro tipos florestais; *Floresta Perenifólia Hidrófila Hileiana Amazônica,* ou “mata de terra firme”; *Floresta Perenifólia Paludosa Ribeirinha Periodicamente Inundada* ou “mata de várzea”; *Floresta Perenifólia Paludosa Permanentemente Inundada* ou “mata de igapó”; e *Floresta Subcaducifólia Amazônica*.

No que diz respeito às áreas preservadas da cidade de Manaus, observa-se uma composição florística bastante variada em espécies arbóreas, o qual indivíduos apresentam copas luxuriantes e troncos altos e retilíneos. Destacam-se segundo Nava (1996 *apud* VIEIRA, 1998) algumas espécies conhecidas por uma maneira vulgar como: Cumaru, Cupiúba, Jarana, Amapá, Morototó, Paricá, Piquiá, Sapucaia, Pracuuba, Matamatá, Araracanga, Anani entre outras.

Em se tratando de extratos arbustivos e herbáceos, sua composição ocorre através da regeneração natural das espécies arbóreas que são constituídas de palmeiras de grande porte e plantas não vasculares (MAGNAGO et al., 1978 *apud* Vieira, 1998, p. 56).

HIDROGRAFIA

A cidade de Manaus é banhada pelo Rio Negro e, posteriormente, pelo Rio Amazonas. No interior da cidade os igarapés (poluídos) contribuem bastante para a presença de incisões erosivas no Distrito Industrial II. Tais Igarapés cortam a cidade e sofrem com a ocupação de suas margens, podendo permitir o surgimento de voçorocas.

De acordo com Vieira (1998), os dois principais Igarapés que atravessam Manaus são: o Igarapé do Mindu, com aproximadamente 13,5 km que deságua no Igarapé do São Raimundo, correndo no sentido NW-SE e o Igarapé do Quarenta, com 9,5 km que vai desaguar no Igarapé do Educandos, que corre no sentido NW-SE e NE-SW. Tais Igarapés funcionam como receptores de esgotas ao logo de seus respectivos cursos. Ambos estão bastante contaminados, principalmente por dejetos residuais e das indústrias que, lançam sempre produtos químicos nos Igarapés.

METODOLOGIA UTILIZADA

A revisão bibliográfica e fundamentação teórica foram reforçadas a partir da aplicação de alguns métodos, técnicas e materiais que possibilitaram a realização desta pesquisa. Foi utilizada a técnica de monitoramento poligonais-planiméticas a qual inicia-se a partir do ponto do qual se quer monitorar da voçoroca, denominaremos aqui de ponto principal **A**. A partir do ponto principal (A) é definida uma linha mestra que é ligada até um outro ponto (B) que pode ser uma estaca ou uma árvore. Do ponto A irradia-se uma segunda linha paralela à voçoroca que formará um ângulo de 90º, ou seja, ponto C. Com a bússola encontra-se o azimute destas linhas. Em seguida fios de nylon esticados seguem até os contornos da borda da voçoroca, os quais são fixados com grampos de metal e com a utilização de simples transferidor mede-se os sucessivos ângulos formados por cada linha em relação a linha mestra e com uma trena mede-se as distância entre o grampo e o ponto principal.

As medições de profundidade em diferentes pontos da incisão permitem o cálculo do volume de solo evacuado. A repetição periódica da técnica de monitoramento poligonais-planiméticas permite calcular e estimar: o volume global erodido e as taxas globais de erosão nos diferentes períodos (OLIVEIRA e CAMARGO, 1996; OLIVEIRA et al., 1996; *apud* VIEIRA, 1999).

No período de execução do projeto foram observados e comparados os índices pluviométricos com a velocidade de erosão das incisões monitoradas. Foram realizadas descrições ***in situ*** das características de vegetação, relevo e ocupação nos locais onde serão realizados os monitoramentos, com o objetivo de correlacionar essas características com o surgimento e expansão das voçorocas.

ÁREA DE ESTUDO

O Distrito Industrial II foi escolhido por ser uma área distante do centro da cidade (Manaus), e por ter uma ocupação populacional recente, fazendo com que as voçorocas continuem uma expansão de forma gradativa.

Outro fator decisivo para a realização deste estudo foi o fato de que o presente projeto é um dos primeiros neste local de trabalho.

Estas voçorocas surgiram a partir da abertura de estradas e construção de canaletas que aumentaram o fluxo e velocidade da água, favorecendo assim, o aparecimento das voçorocas. No mapa de localização na pagina seguinte, estão as três voçorocas monitoradas.

MONITORAMENTO

As voçorocas estudadas no momento do monitoramento estavam bastante ativas, ou seja, estavam erodindo na época do monitoramento.

Com base na técnica denominada *levantamento por ordenadas* (COMASTRI, 1992 *apud* VIEIRA, 1998), conhecida como *espinha de peixe*, fizemos o acompanhamento das três voçorocas.

VOÇOROCA 01

A voçoroca 01 monitorada foi classificada como conectada quanto ao tipo e, quanto a forma, foi classificada como retangular. Apresenta as seguintes dimensões: 11,10m de largura, 43,3m de comprimento e 8,4m de profundidade.

A área perdida desta voçoroca é de 120m^2, com volume de material erodido até o primeiro monitoramento de 1.009m^3, com volume de material erodido entre o primeiro e o segundo monitoramento de 204m^3, e com volume total erodido após o segundo monitoramento de 1.213m^3. Esta mesma se encontra em encosta côncava com 2º de declividade.

Vale destacar que esta incisão a menos de 01 ano foi classificada como ravina. Em função da grande atuação do escoamento superficial concentrado, suas características morfométricas foram alteradas e, conseqüentemente, foi transformada em uma voçoroca. A parte mais ativa desta incisão refere-se a cabeceira e a borda direita, onde deságua toda água da estrada que passa por uma canaleta.

No entorno desta incisão, a vegetação herbácea cobre pequena área. A parte sem cobertura vegetal é caracterizada pela presença marcante de ***encrostamento*** que dificulta a infiltração e favorece a formação de escoamento superficial difuso e concentrado. Nas bordas, observam-se pequenos filetes e sulcos que juntamente com a ravina que se encontra na cabeceira contribuem para a sua expansão.

VOÇOROCA 02

A voçoroca 02 monitorada é bem diferente da primeira sendo bulbiforme quanto a forma, mas também, sendo conectada quanto ao tipo, com 35m de largura, 68m de comprimento e 10,75m de profundidade. Vale destacar que esse comprimento é somente da área monitorada.

A área perdida desta voçoroca e de 405m^2, ou seja, uma voçoroca com grandes dimensões, com volume de material erodido até o primeiro monitoramento de 4.353m^3, com um volume de material erodido entre o primeiro e o segundo monitoramento de 1.572m^3, e com o volume total erodido até o último monitoramento de 5.925m^3. Esta voçoroca localiza-se em encosta de 1º de declividade.

Assim como a voçoroca anterior, esta apresenta uma grande diversidade de mecanismos e processos atuantes, como: escoamento superficial difuso e concentrado (cabeceira e borda), escoamento através de filetes verticais e subverticais (parede da incisão) e desmoronamento por meio da expansão de alcovas de regressão.

Algumas feições erosivas foram observadas tanto no interior quanto na parte externa, como: pedestais, alcovas de regressão, escamamentos, filetes, sulcos e ravinas. Outro aspecto que chama bastante atenção é a presença marcante de crosta em praticamente toda área de contribuição.

VOÇOROCA 03

A última voçoroca monitorada foi a voçoroca 03, assim como as duas primeiras é caracterizada quanto ao tipo como sendo conectada, e quanto à forma como retangular, tendo 9,2m de largura, 25m de comprimento e 8,2m de profundidade.

A área perdida desta voçoroca é de 144m^2, o seu volume de material erodido até o primeiro monitoramento foi de 1.180m^3, com um volume de material erodido entre o primeiro e o segundo monitoramento de 101m^3, e com volume total erodido até o último monitoramento de 1.281m^3.

Esta voçoroca apresenta, ainda, 2º de declividade, sendo plana a sua encosta. Na página seguinte, temos o croqui desta voçoroca.

A maioria das voçorocas, em sua gênese, está ligada à ação antrópica e a sua evolução segue, atualmente, processos naturais como erosividade, erodibilidade do solo, cobertura vegetal e características da encosta. Os fatores antrópicos contribuem para evolução, com a canalização das águas e por meio da abertura de vias rodoviária e retirada da cobertura vegetal.

A chuva acaba sendo fator culminante para causas e acelerações dos processos erosivos, sendo assim, levamos em consideração os dados mensais de janeiro até junho de 2004. Esses dados foram obtidos junto ao INMET – Instituto Nacional de Meteorologia / Manaus – AM. A Na página a seguir, temos a visão dos dados pluviométricos obtidos no presente período.

Verifica-se que os dados pluviométricos do período monitorado (janeiro a junho) apresentam um total pluviométrico próximo dos 1500mm. Esse grande volume precipitado, como já foi citado atuou de forma eficaz no crescimento das incisões erosivas. Observa-se, por exemplo, que em meses como março e maio os totais mensais ultrapassaram os 400mm. Um outro aspecto a ser destacado diz respeito a quantidade de dias com chuva no mês, pois em março choveu 25 dos 31 dias do mês. Isso nos faz refletir que a constância de chuvas provocou a saturação do solo, propiciando escoamento superficial saturado (difuso ou concentrado) provocando por sua vez a queda em blocos da parede da incisão.

Pelas observações feitas em campo, percebeu-se um crescimento mais intenso no período de maior concentração de chuvas, confirmando, portanto, a grande influência da chuva na expansão de incisões erosivas, não esquecendo das características do solo (encrostamento, sem cobertura vegetal e pouca porosidade).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, as voçorocas do Distrito Industrial II que foram monitoradas, tiveram sua evolução a partir do processo de abertura de estradas, de canaletas incorretamente construídas para o escoamento de água pluvial, contribuindo assim, para o surgimento de ravinas e, posteriormente, de voçorocas.

Verificou-se a presença de ocupações desordenadas (invasões) nas cabeceiras das voçorocas. Além de estarem em área de alto risco, a população local usa as voçorocas como depósito de lixo doméstico, que por sua vez contribui para a proliferação de doenças e para a expansão das incisões. Visto que os resíduos despejados são dos mais variados tipos, onde alguns servem de obstáculo para água corrente, aumentando assim a concentração e, conseqüentemente, contribui para a expansão do canal.

Com o aumento da ocupação inadequada, aumentam as áreas com potencial erosivo, ou seja, locais propícios para o surgimento de sulcos, ravinas e voçorocas. Além de monitorar tais incisões, acompanhamos também, o regime pluviométrico da estação de Manaus do Instituto Nacional Meteorológico – INMET (vide anexos), com o intuito de saber os índices

pluviométricos mensais, uma vez que a chuva é o fator principal para o surgimento de feições erosivas, principalmente se tratando de voçorocas.

Nesta pesquisa, verificamos o quanto é danoso ao ambiente a presença dessas voçorocas. Pois além de provocar danos como assoreamento de canais, inutilização de áreas, mudança no regime hídrico local e alteração da capa superficial e subsuperficial do solo, contribui para a desvalorização da área, além de trazer risco a população ali residente.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Francisco Evandro Oliveira. As alterações climáticas em Manaus no século XX. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro, 1995.

GUERRA, Antônio J.T, CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

GUERRA, Antônio J.T, CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia e meio Ambiente. Rio de janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

GUERRA, Antônio J.T, CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

GUERRA, Antônio J.T.: SILVA, Antônio Soarez da,; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado (Org.). Erosão e Conservação dos Solos. Rio de janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

GUERRA, Antônio T.: GUERRA, Antônio J.T. Novo dicionário Geológico-geomorfologico. Rio de janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

HEYER, Lígia Fonseca. Manaus: um exemplo de clima urbano em região subequatorial. Tese (Doutorado). São Paulo: USP – Departamento de Geografia, 1997. 203 p. il.

LAPORTE, Leo F. Ambientes antigos de sedimentação. Trad. Setembrino Petri. São Paulo: Edgar Blücher, 1997.

VIEIRA, Antonio F. G. Fatores controladores da erosão natural. In: Semana de Geografia (9º). Anais. Manaus: EDUA, 1999.

VIEIRA, Antonio F. G. Erosão por voçorocas em áreas urbanas: o caso de Manaus (AM). Dissertação (Mestrado). Florianópolis, 1998.